

Inteligencia y psicología evolutiva

Vicente BERMEJO
Facultad de Psicología
Universidad Complutense

El florecimiento y expansión de la Psicología evolutiva en nuestros días resulta extraordinario. Pero este desarrollo no ha sido súbito o inesperado, sino más bien constituye el colofón de un proceso de crecimiento paulatino, cuantitativo y cualitativo a la vez, que ha tenido lugar durante las últimas décadas. El crecimiento cuantitativo se manifiesta, entre otras cosas, en la abundancia de investigaciones y de datos empíricos, así como en la ampliación del campo de estudio de esta disciplina. Hooper (1988) analiza la evolución de los principales Manuales o Handbooks de Psicología evolutiva, constatando este cambio cuantitativo en diferentes ámbitos, como, por ejemplo, en el número de páginas impresas; de modo que los Manuales posteriores suelen duplicar aproximadamente el volumen de sus inmediatos predecesores, tal como acontece en los Mussen de 1970 y 1983. Pero al lado de este crecimiento cuantitativo se produce también un desarrollo cualitativo que afecta sobre todo al ámbito teórico. En este sentido resulta interesante observar cómo los primeros Manuales presentan unos contenidos mayoritariamente descriptivos (en torno al 80%), mientras que el Mussen de 1983 dedica a este tipo de contenidos sólo el 8,3%, incrementándose paralelamente las aportaciones analíticas, teóricas y metateóricas.

Siguiendo este doble desarrollo de la Psicología evolutiva, expondremos en las páginas que siguen aspectos actuales correspondientes a uno y otro, limitándonos exclusivamente a aquellos que guardan estrechos lazos con el desarrollo de la inteligencia. Con este fin, analizaremos algunos de los modelos teóricos más significativos, a mi juicio, aparecidos recientemente en el ámbito del desarrollo cognitivo, para recoger después los resultados más relevantes obtenidos en nuestras investigaciones sobre la adquisición de conceptos lógico-matemáticos. Ambos apartados irán precedidos de una breve introducción, que servirá de marco referencial y de «background» de los mismos, sobre la conceptualización de la Psicología evolutiva.

1. EL PARADIGMA DE LA PSICOLOGIA EVOLUTIVA

Hay dos distintivos específicos que caracterizan esencialmente la Psicología evolutiva: el cambio y el tiempo o la edad. La presencia de ambas variables resulta imprescindible en la conceptualización de esta disciplina. El problema surge en el momento de especificar con precisión lo que entendemos por cambio evolutivo, así como la función que desempeñaría la variable edad (Bermejo, 1982). De aquí que las diferentes conceptualizaciones propuestas hasta el momento se hagan eco de un modo u otro de esta problemática. Así, la primera versión utilizada implícita o explícitamente para definir la Psicología evolutiva se limita en realidad a vincular ambas variables, adoptando la siguiente formulación:

$$C = f(E)$$

que podríamos transcribir verbalmente diciendo que los cambios son función de la edad; o más explícitamente, podemos definir esta disciplina como la ciencia que estudia los cambios que se producen en función de la edad. Pero muy pronto los autores consideraron excesiva o mal ubicada la función de la variable edad, de modo que Bijou y Baer (1965) proponen sustituir el contenido del paréntesis (la edad) por los estímulos responsables del cambio evolutivo. Efectivamente, la variable edad no puede desempeñar las funciones propias de la variable independiente, ya que no causa directamente los cambios evolutivos. Además, la edad es una variable biológica, asignada, que no puede manipularse experimentalmente de modo aleatorio. En consecuencia, Longstreth (1968), siguiendo el parecer de Bijou y Baer, propone la siguiente formulación:

$$C = f(H, E_{pa}, E_p)$$

en donde se especifican las causas del cambio evolutivo: la herencia, la experiencia pasada y la experiencia presente. Por su parte, Coll (1979) resalta el carácter interactivo de los factores identificados en el paréntesis, modificando sustancialmente la formulación anterior:

$$C = f(H * E_{pa} * E_{pr}),$$

que podemos transcribir verbalmente diciendo que los cambios comportamentales son función de la herencia, la experiencia pasada, la experiencia presente y la interacción entre estos factores.

Ahora bien, la función de la variable edad resulta un tanto vaga e imprecisa en estas últimas definiciones, a pesar de que, como decíamos más arriba, desempeña un papel distintivo en la conceptualización de la Psicología evolutiva. De aquí que Baltes, Reese y Nesselroade (1977) propon-

gan el siguiente modelo, influidos probablemente por Wohlwill (1970, 1973):

$$C_E = f(H, E_{pa}, E_{pr}).$$

Sin embargo, esta última formulación presenta los factores causales con una estructura aditiva y mecanicista, que no responde, a nuestro juicio, al interaccionismo complejo y real del desarrollo humano (Johnston, 1987). Por otra parte, la formulación defendida por Coll no pone suficientemente de relieve la importancia de la variable edad y, en todo caso, no parece apropiado situarla entre los factores causales del cambio evolutivo. Por ello, pensamos que la siguiente proposición, que ya hicimos en un trabajo anterior (Bermejo, 1982), conceptualiza mejor la Psicología evolutiva que las precedentes, ya que, por una parte, explicita la función de la variable edad y, por otra, enfatiza la interacción de los factores responsables del cambio:

$$C_E = f(H * E_{pa} * E_{pr}).$$

Según esta simbolización, la Psicología evolutiva es la ciencia que estudia los cambios que aparecen con la edad y que son función de la herencia, de la experiencia pasada y presente y de la compleja interacción entre estos factores.

2. LA TEORIZACION ACTUAL EN PSICOLOGIA EVOLUTIVA

Como indicábamos más arriba, desde hace ya más de una década se hace cada vez más patente el esfuerzo teorizador y de modelación de los estudiosos en esta disciplina. Aunque lo pretendiéramos, no podríamos recoger aquí todas y cada una de las aportaciones teóricas aparecidas últimamente, dadas las limitaciones de espacio de este tipo de trabajos. Por ello, nos ceñiremos fundamentalmente al ámbito cognitivo, resaltando algunas de las contribuciones que, a nuestro juicio, son más significativas.

2.1. La teoría de los operadores constructivos

En 1963 Pascual-Leone propuso a Piaget el concepto de «capacidad mental» (o atencional), con el fin de reforzar un número limitado de esquemas relevantes que controlen el comportamiento infantil (Pascual-Leone, 1987). La idea no agradó a Piaget, ya que no veía cómo un constructo cuantitativo podría explicar las diferencias cualitativas que aparecen a lo largo del desarrollo. No obstante, Pascual-Leone prosiguió

el trabajo teórico iniciado en esta dirección, presentando a finales de la década de los sesenta una teoría evolutiva un tanto ecléctica, que pretende ser general, al mismo tiempo que supera no pocos de los inconvenientes peculiares de otras posiciones teóricas, como son, por ejemplo, los enfoques piagetiano y conductista (Pascual-Leone, 1969, 1970, 1978, 1980). La teoría de los operadores constructivos de Pascual-Leone comparte no pocos puntos comunes con la escuela de Ginebra, tales como la concepción del desarrollo como un proceso constructivo, la sucesión de estadios cualitativos diferentes, etc. Pero añade a esta orientación tanto la dimensión explicativa y causal difícilmente alcanzada por el modelo piagetiano de equilibración (Pascual-Leone, 1987), como la perspectiva dinámica que complementa el enfoque eminentemente estructuralista de Piaget (Pascual-Leone, 1980).

El sistema psicológico estaría compuesto de dos niveles jerárquicos que interactúan entre sí: el primero, «el sistema subjetivo», está formado por esquemas, tomados en sentido piagetiano, que asimilan y procesan la información. El segundo nivel lo componen los «operadores silenciosos», que no inciden directamente sobre los estímulos, pero sí sobre los esquemas, modificando su dinamismo o fuerza de asimilación. De este modo, mediante el análisis de tareas podemos explicar el comportamiento, determinando los esquemas que se han activado y los operadores que se han aplicado. Los esquemas podrían ser considerados como el «software», mientras que los operadores constituirían el «hardware» o limitaciones neuro-biológicas. Por otra parte, existirían tres categorías de esquemas: personales, afectivos y cognitivos; pudiendo ser, a su vez, estos últimos: figurativos, operativos y ejecutivos. Los figurativos son principalmente predicados y constituyen el contenido del pensamiento. Los operativos se aplican a los contenidos del pensamiento, a los esquemas figurativos, a fin de transformar estos contenidos. Finalmente, los esquemas ejecutivos sirven de mediadores entre las motivaciones subjetivas y los esquemas cognitivos, teniendo la función de controlar y planificar los procedimientos o actuaciones pertinentes en orden a conseguir la meta fijada. Frecuentemente estos tres tipos de esquemas se coordinan entre sí, dando lugar a secuencias organizadas que su autor denomina «operaciones».

Los operadores silenciosos funcionarían activando o inhibiendo los esquemas, y en consecuencia incrementando o disminuyendo la fuerza asimiladora de los mismos. Existen varios tipos de operadores, de los que hasta el momento se han considerado siete en esta teoría (de Ribaupierre, 1983). Aquí mencionaremos sólo uno de estos operadores, dada su relevancia teórica. Se trata del operador M, que funcionaría como una memoria a corto plazo o como una reserva de energía mental para activar los esquemas pertinentes de la situación concreta. Ahora bien, esta capacidad mental no sería constante a lo largo del desarrollo, sino que aumentaría cuantitativamente cada dos años. De este modo, la cantidad de esquemas que el sujeto puede manejar simultáneamente es de uno a los tres años, de

dos a los cinco años, de tres a los siete años, de cuatro a los nueve años, de cinco a los once años, de seis a los trece años y de siete esquemas a los quince años. En consecuencia, el desarrollo se concibe como un progreso cuantitativo que se realiza sistemáticamente cada dos años, desde los tres a los quince años. Así podría conocerse en todo momento la capacidad máxima de M, que sería igual a $e + k$, siendo «e» la cantidad de energía de atención alcanzada durante el período sensorimotor, que sería invariante a partir de este momento. «k», en cambio, variaría en función de la edad y representaría la cantidad de esquemas que el sujeto es capaz de procesar simultáneamente en cada momento o subestadio. De este modo, los sucesivos incrementos de M corresponderían a cada uno de los subestadios definidos en la teoría piagetiana.

La aparente sencillez del modelo de Pascual-Leone no debe engañarnos sobre la compleja realidad del mismo; de modo que aunque existen numerosos datos que parecen avalar la exactitud de las predicciones realizadas desde esta teoría, tal como puede constatarse en de Ribaupierre (1983); no obstante, otros autores han adoptado posiciones críticas al respecto (Trabasso, 1978; Trabasso y Foellinger, 1978).

2.2. El modelo de Case

Colaborador próximo de Pascual-Leone durante los primeros años de la década de los setenta, R. Case inicia su andadura teórica personal en la segunda mitad de esta misma década, presentando una teoría bastante completa y estructurada en su obra *Intellectual development: From birth to adulthood* de 1985 (Bermejo, 1989). Convencido de que los modelos estructurales clásicos, como el enfoque piagetiano por ejemplo, poseen un poder explicativo mayor que los modelos procesuales y, por otra parte, conocedor igualmente de la debilidad del enfoque estructuralista para describir adecuadamente los procesos responsables del cambio, Case pretende constituir una teoría estructuro-procesual que aúne los aspectos positivos de ambos enfoques y elimine las debilidades correspondientes. Este es el reto ambicioso pero atractivo que se plantea este autor, siguiendo en gran medida las líneas marcadas por Pascual-Leone y otros autores. Beilin (1983) sugiere, por ejemplo, que no debe considerarse el análisis estructural como una orientación trasnochada y el análisis procesual como la «nueva ola». Al contrario, el enfoque ideal sería un método de análisis que conjugue ambas perspectivas.

Desde esta óptica, la metáfora del niño es la de un solucionador de problemas, con capacidad para formular sus propios objetivos o metas y para intentar de modo activo alcanzar dichas metas. La unidad básica mental de análisis es la estrategia ejecutiva y la estructura de control ejecutivo. Esta última se compone de tres elementos fundamentales: la repre-

sentación de la situación o del problema, la meta u objetivos que se desean alcanzar y, finalmente, las estrategias que se utilizan para conseguirlos. El desarrollo consistiría, por tanto, en una integración progresiva de estas unidades básicas. Ahora bien, en este proceso hacia la complejidad evolutiva conviene resaltar la presencia de dos aspectos fundamentales: por una parte, la existencia y formulación de estadios y, por otra, la descripción de los procesos de cambio. Con respecto a los primeros, Case propone cuatro estadios: 1) sensorimotor (hasta 1; 6 años), relacional (de 1; 6 a 5 años), dimensional (de 5 a 11 años), 4) y vectorial (de 11 a 18 años). A su vez, cada estadio consta de tres subestadios paralelos. Los estadios implican cambios importantes o principales, ya que suponen la aparición de una estructura de orden superior al coordinarse estructuras ejecutivas de similar complejidad, pero de función y forma internas distintas. En cambio, un subestadio resulta de la combinación de estructuras ejecutivas de complejidad, forma y función similares.

En cuanto a los procesos de cambio, el paso de un estadio a otro se realizaría mediante integración jerárquica, de modo que las características del estadio inferior no desaparecerían, sino que serían integradas en el estadio inmediato superior. Ahora bien, esa integración requiere la presencia de cuatro modificaciones: a) el objetivo máximo de una estructura encaja dentro de la otra; b) en la representación del problema se añade una característica referente a este encaje; c) las operaciones de la estructura inferior se suman a las de la estructura superior, funcionando como una subrutina; d) para que la estructura global funcione bien se producen modificaciones en la estructura interna de los elementos. Estas modificaciones se realizan mediante la intervención de un conjunto de procesos reguladores, como la resolución de problemas, la exploración, la imitación y la regulación mutua.

Otra aportación fundamental del modelo casiano se refiere a la noción de capacidad atencional, tal como anteriormente habían propuesto Baldwin y Pascual-Leone. El primero habló de «amplitud atencional», mientras que el segundo prefiere la expresión de «poder mental» o «espacio M». Case utiliza los términos de «espacio de procesamiento ejecutivo» para referirse a la cantidad máxima de esquemas independientes que el sujeto puede mantener activados mientras persigue una meta determinada. Igualmente, llama «espacio operativo» (EO) a la proporción de espacio de procesamiento ejecutivo que se dedica a la activación de nuevos esquemas; mientras que denomina «espacio de almacenamiento a corto plazo» (EACP) a la proporción de espacio de procesamiento ejecutivo que se dedica al mantenimiento y/o recuperación de esquemas recientemente activados. Finalmente, la «carga momentánea de procesamiento ejecutivo» (CPE momentánea) es la cantidad de esquemas que deben activarse para completar un paso de una secuencia ejecutiva; mientras que denomina «carga máxima de procesamiento ejecutivo» al valor máximo de CPE momentánea alcanzado en una secuencia ejecutiva completa. Según esto,

el desarrollo consistiría no en un incremento del espacio total de procesamiento ejecutivo, que sería invariable, sino en la proporción que guardan EO y EACP; de modo que EO disminuiría en cada subestadio al mismo tiempo que aumentaría en una unidad la capacidad de almacenamiento.

La teoría de Case no se presenta como una alternativa, sino como un intento de integración de los aspectos positivos encontrados en otros modelos. Así, el proceso de resolución de problemas se formula en los términos propios del enfoque del procesamiento de la información; mientras que la jerarquización de las estructuras que se derivan de la resolución de problemas presenta el marchamo piagetiano. Igualmente, se han tenido en cuenta las restricciones biológicas presentes en las posiciones de Baldwin y Pascual-Leone, y se han adoptado los procesos de imitación y de regulación mutua de Vygotsky y Bruner.

2.3. El modelo de las habilidades de Fisher

El modelo de las habilidades de Fisher (Fisher, 1980, 1984, 1987, etc.) tiene como fondo la polémica en torno a la relación entre desarrollo y aprendizaje, o entre factores ambientales y organizmicos. Dos ideas fundamentales vertebran esta teoría: el concepto de nivel óptimo y el de adquisición de habilidades. Con respecto al primero, se trata de un constructo que combina el organismo y el medio para explicar cambios generales en el desarrollo. Indica el límite superior de la capacidad de procesamiento de información de un sujeto o el tipo de habilidad más complejo que una persona puede controlar. El nivel óptimo se incrementa con la edad, dando lugar a una serie de niveles evolutivos organizados jerárquicamente. En cambio, los procesos de adquisición de habilidades determinan cómo se construyen estas habilidades, o cómo se pasa de una habilidad a otra más compleja, utilizando para ello un conjunto de reglas de transformación. Veamos algo más detalladamente cada uno de estos aspectos.

Esta teoría predice la aparición de diez niveles evolutivos organizados jerárquicamente en tres ciclos: acciones sensorimotoras, representaciones y abstracciones. Tanto los niveles como los ciclos se definen estructuralmente en términos de conjunto de conductas y tipos de relaciones existentes entre ellas. Cada nivel superior retiene el control de las habilidades de los inferiores. Por otra parte, cada ciclo presenta cuatro niveles sucesivos, de modo que cada uno de ellos supone una nueva forma de organización de las habilidades. Así, el primer nivel de cada ciclo puede controlar las variaciones en un solo conjunto: una acción, una representación o una abstracción. El segundo nivel permite combinar tantos conjuntos cuantos puntos pueden organizarse en una línea, dando lugar a una estructura («mapping»). El tercero permite la constitución de sistemas con diferentes

«mappings». Finalmente, en el cuarto se combinan varios sistemas, formando un sistema de sistemas o un nuevo bloque, que además constituye el primer peldaño del siguiente ciclo. Ahora bien, los cambios generales no implican, como acontece en otros modelos, incremento en el número de ítems en la memoria a corto plazo, sino más bien un cambio fundamental en la organización conductual. Además, la adquisición de un nuevo nivel óptimo supone la capacidad para construir habilidades en ese nivel, pero no posee todas las competencias actuales de ese nivel hasta que no construya las habilidades correspondientes. Desde otro punto de vista, el nivel óptimo limitaría simplemente la complejidad de las habilidades que pueden construirse (Fisher, 1984).

La adquisición de habilidades viene determinada por la aplicación de unas reglas de transformación. Unas permiten la transición y secuenciación de habilidades (sustitución, centración, combinación y diferenciación), mientras que otra (intercoordinación) regularía el paso al siguiente nivel evolutivo. Ahora bien, no existe un camino único por donde pasen todos los niños en su desarrollo. Al contrario, la presencia de habilidades específicas supone diferentes vías. No obstante, si analizamos globalmente el desarrollo, entonces podemos encontrar una cierta similitud general en el proceso evolutivo. En otras palabras, desde el punto de vista del nivel óptimo se acentúan las semejanzas en el desarrollo, mientras que desde la óptica de la adquisición de habilidades se enfatiza la variación y diferenciación.

2.4. La teoría de los sistemas de producción

Siguiendo el enfoque marcado por Newell, Shaw y Simon (1957) y mucho más elaborado en Newell y Simon (1972), Klahr y colaboradores (Klahr, 1980; 1984; Klahr y Wallace, 1976; Wallace, Klahr y Bluff, 1987) intentan desde hace más de una década construir una teoría del desarrollo cognitivo basada en el procesamiento de la información. Tres ideas fundamentales vertebran esta orientación: la representación de los estadios cognitivos, la representación de los procesos de transición y los mecanismos automodificadores. Con respecto al primer punto, conviene resaltar la relevancia del tema de la representación del conocimiento en la investigación psicológica, de modo que algunos autores han hablado desde este punto de vista en términos de reglas (Siegler, 1976), o de redes semánticas (Gentner, 1975), o de estructuras de control ejecutivo (Case, 1985), o de jerarquía de habilidades (Fisher, 1980), o de «scripts» (Nelson, 1978), o de sistemas de producción (Klahr y Wallace, 1976), etc. Limitándonos a estos últimos, huelga indicar que el cometido de estos autores reside menos en generar teorías evolutivas que en «traducir» formalmente los avances teóricos realizados por otros autores, tal como se ha hecho con algunos conceptos

piagetianos y otros estudios recientes sobre conceptos matemáticos. Sin embargo, no sería de recibo minusvalorar el trabajo de simulación llevado a cabo por estos estudiosos, aunque sólo fuera por su interés heurístico.

Los sistemas de producción consisten en un conjunto de reglas, denominadas producciones, que se especifican en forma de condición — acción, siendo una condición la expresión simbólica de los elementos cognitivos presentes. Estos sistemas operan mediante reconocimiento, comparando las condiciones formuladas con los contenidos del estado cognitivo inmediato o memoria a corto plazo. Si ocurre que todas las condiciones de una producción son verdaderas, entonces la condición es «satisfecha» y se produce la acción correspondiente, bien internamente modificándose el estado cognitivo del sujeto, bien externamente en un acto interactivo con el medio. Ahora bien, si se satisfacen las condiciones de más de una producción, entonces estamos ante una situación conflictiva que tiene que solventar el «principio de resolución de conflictos», ejecutándose consiguientemente la acción correspondiente a una de las producciones. Estas situaciones conflictivas son más bien frecuentes en modelos de una cierta complejidad, adquiriendo por tanto una relevancia especial las reglas para resolver conflictos. Una vez resuelto el conflicto y ejecutada la acción de la producción seleccionada, se repite el ciclo descrito tantas veces cuantas lo exija la tarea propuesta.

En cuanto a los procesos de transición y los mecanismos automodificadores, Klahr supone que el conocimiento puede describirse mediante reglas, de modo que podría conceptualizarse el desarrollo en términos de formación y adquisición de reglas. Igualmente, las reglas que modifican los sistemas de producción se entienden como producciones que modifican otras producciones, existiendo entonces la capacidad y la posibilidad de automodificación. Ahora bien, toda teoría sobre la transición supone un orden temporal, de manera que primero se describen los dos estadios o estados cognitivos (el de partida y el de llegada), después se especifican las diferencias entre ambos y, finalmente, se construye el modelo de transición. Por otra parte, existen diferentes vías para modificar una producción, como, por ejemplo, la discriminación, la generalización y la composición (Klahr, 1984). En el primer caso la modificación se consigue añadiendo simplemente más condiciones a una producción determinada, tal como, por ejemplo, realiza Langley (1987) en el ámbito del aprendizaje. La generalización puede llevarse a cabo bien disminuyendo las condiciones existentes en una producción, bien reemplazando un elemento específico de una condición por otro que afecte a un mayor número de miembros de una clase determinada. Finalmente, la composición o combinación se origina cuando varias producciones pueden combinarse en una sola que posee las mismas condiciones y acciones que todas ellas. Un bonito ejemplo de composición lo constituye el sistema HPM («Heuristic procedure modification») de Neches (1987) aplicado a las estrategias que los niños suelen utilizar en la resolución de problemas de suma.

2.5. A modo de conclusión

La exposición que acabamos de hacer en torno a las teorías o modelos revisados no tiene la pretensión de ser exhaustiva y detallada, sino más bien intenta recoger las ideas básicas de cada una de ellas en función del espacio físico acordado a este trabajo. Tampoco pretende concitar aquí todos los esfuerzos teóricos existentes actualmente en el ámbito del desarrollo cognitivo. Faltan posiciones y autores relevantes que merecían un lugar en estas líneas (Siegler, 1976, 1985, 1989; Keil, 1981, 1984; Halford, 1980, 1987; etc.). Para el modelo de Siegler remitimos al lector a un trabajo anterior (Bermejo, en prensa) en donde describimos y analizamos con cierto detalle sus posiciones. En este apartado sintetizamos en pocas palabras las relaciones existentes entre estos modelos, centrándonos principalmente en torno a la unidad básica de análisis y a los mecanismos de transición.

Uno de los elementos más significativos de toda teoría psicológica lo constituye la unidad básica de análisis. Desde este punto de vista, todos los modelos descritos más arriba adoptan posiciones diversas, pero las semejanzas entre algunos de ellos resultan indiscutibles. Así, mientras que Pascual-Leone propone la noción de esquema como unidad básica, Case habla de estructura de control ejecutivo, que no es completamente diferente. Las estructuras de habilidades de Fisher no distarían tampoco demasiado de las reglas propuestas por Siegler (Bermejo, en prensa), que a su vez tendrían aspectos comunes con los sistemas de producción automodificadores de Klahr. Por tanto, las diferencias entre las posiciones teóricas no impide la existencia de aspectos semejantes manifiestos entre ellas, debido probablemente a la similaridad de las fuentes utilizadas por los diversos autores: teoría de Piaget, procesamiento de la información, teorías del aprendizaje, Vygotsky-Bruner, etc. Ahora bien, uno de los problemas que encontramos en los modelos anteriormente descritos reside precisamente en la frecuente ambigüedad de las definiciones de estas unidades básicas de análisis, que, como señalábamos más arriba, constituyen el elemento primario y fundamental de toda construcción teórica.

En cuanto a los mecanismos de transición, todos los autores concuerdan en la importancia de los factores ambientales físicos y culturales, así como en las limitaciones de la memoria de trabajo. En cambio, discrepan con respecto a los mecanismos precisos que producen la transición. Así, mientras que Pascual-Leone habla de nueva forma de equilibrio, Case distingue entre actividades generales (solución de problemas, exploración, imitación y regulación mutua) y procesos específicos o subprocesos (búsqueda esquemática, generación de nueva secuencia, evaluación, reetiquetación y consolidación). Por su parte, Fisher propone cinco reglas de transformación, que indicamos más arriba, otorgando especial relieve a la intercoordinación. Finalmente, Klahr habla del principio de eliminación de redundancias, de reglas de resolución de conflictos, de discriminación,

de generalización y de composición. Terminamos esta conclusión señalando que, si bien la mayoría de los autores proponen diferentes mecanismos de transición para distintos tipos de cambio, Klahr, en cambio, piensa que todos los cambios son producidos por los mismos mecanismos.

3. ESTADO ACTUAL DE NUESTRAS INVESTIGACIONES

Durante la década de los ochenta, nuestras investigaciones se han centrado en torno a la adquisición y desarrollo de conceptos lógico-matemáticos, ubicándose, por tanto, dentro del ámbito del desarrollo cognitivo. En un primer momento analizamos el comportamiento del niño en tareas de clasificación e inclusión, para pasar después, a partir de 1984, a estudiar pormenorizadamente diferentes conceptos aritméticos. Veamos, aunque sólo sea someramente, los jalones y aportaciones más relevantes de estos trabajos de investigación. Pero antes de seguir adelante, conviene señalar que la mayoría de las investigaciones que hemos realizado y, sobre todo, las que estamos llevando a cabo últimamente no son el fruto de una persona, sino de la colaboración de un grupo de investigadores orientados (o dirigidos) por el autor de estas líneas. No cabe duda de que la investigación ha sido siempre, pero sobre todo hoy, un «affaire» de grupo. De aquí que no resulte un tópico, ni una medida retórica, el afirmar que todas estas investigaciones han visto la luz gracias a la ayuda y aportación de mis colaboradores. Todos ellos merecen, aunque unos más que otros para ser justo, mi más entrañable reconocimiento.

El primer grupo de trabajos sobre lógica infantil (Bermejo, 1985, 1989) estudia en general la incidencia de ciertos parámetros o variables situacionales en las conductas de clasificación e inclusión de niños de cuatro a ocho años. En concreto, analizamos la influencia de los factores lingüísticos en estos comportamientos, la importancia de las variables perceptivas y de la configuración estimular, el significado de los factores espacio-semánticos en la línea marcada por Carbonnel (1978) y Markman (1978), así como la relevancia de la tipicidad de los estímulos (Rosch, 1978) en tareas de clasificación e inclusión. Entre los resultados obtenidos, cabe destacar aquí lo siguiente. En primer lugar, aparece un cambio evolutivo claro en el modo o estilo de categorizar los estímulos, en el sentido de que los niños tenderían primero a clasificar los objetos holísticamente, para pasar después, quizá bajo la influencia del sistema educativo, a hacerlo en función de criterios. Igualmente, conviene resaltar la facilitación inherente al nivel de expresividad de las dimensiones estimulares, así como los efectos positivos de la tipicidad en las conductas de clasificación.

Con respecto al razonamiento inclusivo, encontramos que la presencia o ausencia de ciertas claves lingüísticas («más», «menos», «o», «que», etc.), así como el cardinal absoluto o relativo de los subconjuntos que constituyen la clase supraordenada, parece favorecer o entorpecer la comprensión infantil, al menos a ciertas edades. Además, la situación de co-

lección o de clase facilita o dificulta respectivamente a todas las edades examinadas el razonamiento inclusivo, de modo que cuando los factores espacio-semánticos de la situación concreta resaltan la unidad de la categoría supraordenada, entonces la lógica infantil encontraría una vía más apta para su aplicación, incrementándose su eficiencia. Desde esta óptica, el niño comprende mejor, y por tanto muestra un nivel de desarrollo superior, la situación «¿quién tiene más animales, el que tiene los X (leones, por ejemplo) o el que tiene el zoo?»; que la pregunta clásica «¿hay más X que animales?». En el primer caso, el niño dispone de un zoo en miniatura con figuras de animales en distintos compartimentos, mientras que en el segundo sólo aparecen los animales de juguete.

De la lógica infantil al desarrollo de los conceptos matemáticos primarios sólo hay un paso, o incluso menos. A lo largo de la década de los setenta, pero sobre todo a partir de la aparición del ya clásico libro de Gelman y Gallistel (1978), no sólo aumenta considerablemente el número de publicaciones en torno a este tema, sino que además surge una nueva orientación que pronto eclipsará el enfoque tradicional de la escuela de Ginebra. Esta tendencia se ha ido incrementando notoriamente hasta nuestros días, debido a dos razones fundamentales: primero, su inmediata incidencia en el ámbito educativo y las exigencias de la misma sociedad ante el preocupante fracaso escolar en esta área; y, segundo, las ventajas que estos temas ofrecen para el análisis y la investigación desde una óptica cognitiva. Nuestras investigaciones han estudiado diferentes habilidades o conceptos aritméticos, centrándonos principalmente en los procedimientos de cuantificación, la cardinalidad y la adición.

En cuanto a los procedimientos de cuantificación (Bermejo, Lago y Rodríguez, 1989a, 1989b), hemos analizado las estrategias que suelen utilizar los niños para determinar o construir el cardinal de un conjunto, teniendo en cuenta los tres tipos de cuantificadores propuestos por Klahr y Wallace (1976): «subitizing», conteo y estimación. Los resultados apuntan que las respuestas de los niños pequeños (3-4 años) están ancladas fundamentalmente en procedimientos perceptivos (ej.: subitizing), mientras que los mayores (4-5 años) emplean éstos y otros procedimientos, tales como el conteo y el emparejamiento de los elementos de dos conjuntos, cuando las estrategias perceptivas pierden precisión. Igualmente, nuestros datos sugieren, en contra de la tendencia seguida por los más notorios estudiosos del tema (Fuson, 1988; Gelman y Gallistel, 1978; etc.), que el conteo no constituye un componente intrínseco o esencial de la cardinalidad.

Con respecto a la cardinalidad (Bermejo y Lago, 1990) hemos estudiado los procesos y estadios evolutivos que suelen aparecer en la adquisición de este concepto. El análisis minucioso de los errores cometidos por los niños (de 4;3 a 6;3 años) nos ha llevado a distinguir una secuencia de pasos o estadios (en el sentido débil del término) novedosa en la literatura en torno al tema, que transcribimos a continuación: 1) incompreensión de la situación experimental y respuestas al azar; 2) repetición de la secuen-

cia numeral utilizada en el momento de contar; 3) contar los objetos de nuevo; 4) emitir el último de los numerales empleados en el conteo; 5) proponer el mayor de los numerales utilizados; y 6) respuesta correcta de cardinalidad.

En otro grupo de trabajos hemos estudiado diferentes aspectos de la adición. Así, por ejemplo, hemos indagado en torno a los fundamentos cognitivos de esta operación (Bermejo y Rodríguez, 1987b), hipotetizando su posible relación con la conservación del número (Bermejo y Lago, 1988a) y con la conservación de la materia mediante división en partes iguales (Bermejo y Rodríguez, 1986), suponiendo en este último caso que tanto la suma como la conservación tienen sus pilares en el esquema partes-todo, tal como lo entiende Resnick (1983). Nuestros resultados sugieren que los niños pueden resolver problemas aditivos sin haber adquirido previamente la conservación, tanto del número como de la materia. Ello no implica necesariamente que se trate de dos nociones completamente diferentes; más bien, parece existir una cierta relación entre ellas, en el sentido de que ambas suponen la adquisición del esquema partes-todo, si bien este esquema operaría gradualmente a lo largo del desarrollo, en función de los contenidos o ámbitos a los que se aplica.

Igualmente, hemos analizado la estructura semántica de los diferentes problemas aditivos verbales, precisando cuáles son sus dificultades inherentes y las estrategias que los niños suelen emplear para resolver este tipo de tareas (Bermejo y Rodríguez, 1987a). Es importante conocer que el comportamiento de los niños difiere en función de la categoría de problema que se le propone, de modo que sus errores, estrategias y posibilidades de éxito se ven profundamente condicionadas, a pesar de que se trate de la misma operación de sumar y de que los cardinales de los dos sumandos sean los mismos o similares. La vertiente práctica o educativa de estos datos no necesita resaltarse; no obstante, resulta palmario la conveniencia, si no la necesidad, de que los enseñantes conozcan estas categorías de problemas, a fin de que la docencia siga el curso y la gradación adecuada en el momento de enseñar esta operación. Este interés por la práctica educativa nos ha llevado a analizar evolutivamente y de modo pormenorizado, no sólo la estructura semántica de los problemas, sino también la incidencia de otros factores, como el lugar que ocupa la incógnita en el problema, la formulación verbal del mismo, el modo de representar los sumandos, su magnitud, etc. (Bermejo y Lago, 1988b; Bermejo y Rodríguez, 1987c, 1988, 1990). En general y muy esquemáticamente, hemos encontrado, entre otras cosas:

a) el modo de representar los sumandos incide en la resolución de los problemas, de manera que a medida que el nivel de abstracción de los mismos aumenta, se incrementa igualmente su dificultad en los niños más jóvenes. Sin embargo, la presencia de material concreto podría llegar a ser contraproducente a partir de una cierta edad.

b) El lugar que ocupa la incógnita puede ser tan relevante como la estructura semántica del problema, siendo la forma canónica la situación más sencilla para los niños. En cambio, cuando se desconoce el primer sumando la dificultad alcanza su nivel más elevado.

c) Finalmente, la misma formulación verbal de los problemas, así como los términos que se emplean y el orden seguido en la transmisión de la información contenida en los mismos influye manifiestamente en la resolución de los problemas, según la edad de los niños.

Todos estos datos, arrancados de su contexto y desasistidos de sus pertinentes explicaciones, podrían aparecer como demasiado simples y carentes de la relevancia necesaria. Quizá puedan lograr ambas cualidades si el lector los considera en su propio marco, es decir, en los mismos originales; o, incluso mejor, en el más amplio contexto de nuestro libro *El niño y la aritmética*, en donde aparecen al lado de otros datos procedentes de diferentes autores y países. A ellos remitimos para obtener un juicio cabal y la evaluación adecuada.

BIBLIOGRAFIA

- BALTES, P. B.; REESE, H. W., y NESSELROADE, J. R. (1977): *Lifespan developmental psychology. Introduction to research methods*. California: Brooks/Cole.
- BERMEJO, V. (1982): El concepto de cambio y la función de la edad en psicología evolutiva. *Informes de Psicología* 3, 15-34.
- BERMEJO, V. (1985): Estudio evolutivo de las conductas de clasificación en el niño. Aspectos lingüísticos y perceptivos. *Infancia y Aprendizaje*, 31-32, 211-227.
- BERMEJO, V. (1989): Factores espacio-semánticos y tipicidad en conductas de clasificación e inclusión. *Estudios de Psicología*, 37, 31-44.
- BERMEJO, V. (1989): Reseña de *El desarrollo intelectual. Del nacimiento a la edad madura* de R. Case (1989). Barcelona: Paidós. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 42, 556-559.
- BERMEJO, V. (1990): *El niño y la aritmética. Instrucción y construcción de las primeras nociones aritméticas*. Barcelona: Paidós.
- BERMEJO, V. (En prensa): Desarrollo de la capacidad de aprender. En Mayor, J y Piniillos, J. L. (Eds.). *Tratado de Psicología general*. Vol. X: *Desarrollo humano*. Madrid: Alhambra.
- BERMEJO, V. y, LAGO, M. O. (1988a): La adquisición de la adición. Estrategias infantiles en función de la naturaleza de los sumandos. En Alvarez, A. (Comp.). *Psicología y Educación. Realizaciones y tendencias actuales en la investigación y en la práctica*. Madrid: MEC y Visor, 321-329.
- BERMEJO, V. y, LAGO, M. O. (1988b): Representación y magnitud de los sumandos en la resolución de problemas aditivos. *Infancia y Aprendizaje*, 44, 109-121.
- BERMEJO, V. y, LAGO, M. O. (1990): Developmental processes and stages on the acquisition of cardinality. *International Journal of Behavioral Development*, 13, 231-250.
- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1986): El esquema parte-todo en la conservación y adición. *II Jornadas Internacionales de Psicología y Educación*. Madrid.
- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1987a): La résolution de quelques problèmes additifs verbaux. Une étude génétique. *Congrès International Le Fonctionnement de L'enfant à L'école: Bilands et Perspectives de Recherche*. Poitiers (Francia).

- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1987b): Fundamentos cognitivos de la adición. *Psiquis*, 3, 21-30.
- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1987c): Estructura semántica y estrategias infantiles en la solución de problemas verbales de adición. *Infancia y Aprendizaje*, 39-40, 71-81.
- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1988): La genèse de l'opération d'addition. Analyse de quelques variables significatives dans la résolution de problèmes additifs. *European Journal of Psychology of Education, Numéro Spécial*, 75-76.
- BERMEJO, V. y, RODRÍGUEZ, P. (1990): Relevancia de algunos factores en la solución de problemas aditivos. *Investigaciones Psicológicas*, 8, 23-40.
- BERMEJO, V.; LAGO, M. O., y RODRÍGUEZ, P. (1989a): Procedimientos de cuantificación y cardinalidad. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 42, 483-491.
- BERMEJO, V.; LAGO, M. O., y RODRÍGUEZ, P. (1989b): Young children's quantification skills. *Third European Conference for Research on Learning and Instruction*, Madrid, Sept., 4-7.
- BLIJO, S. W. y BAER, D. M. (1965): *Child Development*. Vol. I. *A systematic and empirical theory*. New York: Appleton.
- CARBONNEL, S. (1978): Classes collectives et classes logiques. *Archives de Psychologie*, 177, 1-19.
- CASE, R. (1985): *Intellectual development: From birth to adulthood*. New York: Academic Press.
- COLL, C. (1979): El concepto de desarrollo en psicología evolutiva: aspectos epistemológicos. *Infancia y Aprendizaje*, 7, 60-73.
- DE RIBAUPIERRE, A. (1983): Un modèle neo-piagetian du développement: La theorie des opérateurs constructifs de Pascual-Leone. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3, 327, 356.
- FISCHER, K. W. (1980): A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477-531.
- FISCHER, K. W. (1987): Relation between brain and cognitive development. *Child Development*, 57, 623-632.
- FUSON, K. (1988): *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer-Verlag.
- GELMAN, R., y GALLISTEL, C. R. (1978): *The child's understanding of number*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- GENTNER, D. (1975): Evidence for the psychological reality of semantic components: The verbs of possession. En Norman, D. A. y Rumelhart, D. E. (Eds.). *Explorations in cognition*. San Francisco: Freeman.
- HALFORD, G. S. (1987): A structure-mapping approach to cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, 609-642.
- HOOPER, F. H. (1988): The history of child psychology as seen through handbook analysis. *Human Development*, 31, 176-184.
- JOHNSTON, T. D. (1987): The persistence of dichotomies in the study of behavioral development. *Developmental Review*, 7, 149.
- KEIL, F. C. (1981): Constraints on knowledge and cognitive development. *Psychological Review*, 88, 197-227.
- KEIL, F. C. (1984): Mechanisms of cognitive development: Optimal level and skill acquisition. En Sternberg, R. J. (Ed.) *Mechanisms of cognitive development*. New York: Freeman & Company.
- KLAHR, D. (1980): Information processing models of intellectual development. En Kluwe, R. H. y Spada, H. (Eds.). *Developmental models of thinking*. New York: Academic Press.

- KLAHR, D. (1984): Transition processes in quantitative development. En Sternberg, R. (Eds.). *Mechanisms of cognitive development*. San Francisco: Freeman.
- KLAHR, D., y WALLACE, J. G. (1976): *Cognitive development: An information processing view*. Hillsdale, N. J.: LEA.
- LANGLEY, P. (1987): A general theory of discrimination learning. En Klahr, D., Langley, P. y Neches, R. (Eds.). *Production system models of learning and development*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- LONGSTRETH, L. E. (1968): *Psychological development of the child*. New York: Ronald Press.
- MARKMAN, E. M. (1978): Empirical versus logical solutions to part-whole comparison problems concerning classes and collections. *Child Development*, 49, 168-177.
- NECHES, R. (1987): Learning through incremental refinement of procedures. En Klahr et al.
- NELSON, K. (1978): How children represent knowledge of their world in and out of language, a preliminary report. En Siegler, R.S. (Ed.). *Children thinking: What develops?* Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- NEWELL, A.; SHAW, J. C., y SIMON, H. A. (1957): Empirical explorations with the logic theory machine. *Joint Comput. Conf.*, 15, 218-239.
- NEWELL, A. y SIMON, H. A. (1972): *Human problem solving*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- PASCUAL-LEONE, J. (1970): A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- PASCUAL-LEONE, J. (1978): La teoría de los operadores constructivos. En J. Delval (Comp.). *Lecturas de Psicología del niño*. Madrid: Alianza.
- PASCUAL-LEONE, J. (1980): Constructive problems fro constructive theories: The current relevance of Piaget's work and a critique of information-processing simulation psychology. En Kluewe, R. y Spada, H. (Eds.). *Developmental models of thinking*. New York: Academic Press.
- PASCUAL-LEONE, J. (1987): Organismic processes of neo-Piagetian theories: A dialectical causal account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, 531-570.
- RESNICK, L. B. (1983): A developmental theory of number understanding. En Ginsburg, H. (Ed.). *The development of mathematical thinking*. New York: Academic Press.
- ROSCH, E. H. (1978): Principles of categorization. En Rosch, E. H. y Lloyd, B. B. (Eds.). *Cognition and categorization*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- SIEGLER, R. (1976): Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 8, 481-520.
- SIEGLER, R. (1989): Mechanisms of cognitive development. *Annual Review of Psychology*, 40, 353-379.
- TRABASSO, T. (1978): On the estimation of parameters and the evaluation of a mathematical model. A reply to Pascual-Leone. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 41-45.
- TRABASSO, T. y FOELLINGER, D. B. (1978): Information processing capacity in children. A test of Pascual-Leone's model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 26, 1-17.
- WALLACE, I.; KLAHR, D., y BLUFF, K. (1987): A selfmodifying production system model of cognitive development. En Klahr, D.; Langley, P., y Neches, R. (Eds.). *Production system models of learning and development*. Cambridge, Mass: The MIT Press.